

분포형 강우유출모형의 개발

Grid-based KIneMatic Wave STOrm Runoff Model (KIMSTORM)

김성준* · 채효석** · 신사철***

노재경**** · 박노혁** · 맹승진**

1. 서론

분포형 수문모형에 대한 연구는 1970년 후반부터 많은 연구자들에 의해 시작되었으며, 컴퓨터 성능의 향상과 더불어 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)의 발전 그리고 수치고도모델(Digital Elevation Model, DEM)의 획득·사용이 가능하게 되므로 이 분야의 연구는 더욱 가속화되고 있다. 또한 하드웨어의 그래픽 성능이 모델의 입력과 출력을 쉽게 가시화할 수 있게 되면서 1990년대 중반부터는 MIKE SHE(Refsgaard and Storm, 1995), WMS(Watershed Modeling System, Brigham Young Univ.-Engineering Computer Graphics Lab., 1996) 등과 같이 포괄적인 그래픽 사용자환경을 제공하는 시스템의 개발도 병행되고 있다.

본 연구에서는 격자 물수지 기법을 이용한 분포형 강우-유출모형을 개발하고, 래스터 GIS 소프트웨어인 GRASS를 이용하여 본 모형의 입력자료를 추출하는 모형의 전처리과정과 모형의 결과를 시간적·공간적으로 표현해 주는 후처리과정을 개발하고자 한다. 또한 개발된 모형을 연천댐 유역에 적용하여 보므로써 모형의 적용성을 검토하고자 한다.

2. 모형의 이론

격자의 흐름방향은 강우에 의하여 유출이 발생되면 해당 격자로 유입되는 양과 그 격자로부터 유출되는 양을 결정하기 위하여 필요하다. 따라서 각 격자의 고도값을 이용하여 해당 유역의 전반적인 흐름방향도(flow direction map)를 생성하여야 한다. 흐름방향은 일반적으로 3×3 격자를 이용하여 주위의 격자 중에서 가장 낮은 고도값으로 흐르는 단방향 유출경로(single flowpath)를 채택하였다. 격자 물수지는 유역을 일정한 크기로 분할한 상태에서 각 격자의 유입·유출을 계산하므로써 주어진 시간간격별로 유역 전체에 대한 물수지를 파악할 수 있게 된다. Figure 1은 강우유출 계산시 본 연구에서 고려한 물수지인자를 도시한 것이다.

* 건국대학교 농공학과 조교수

** 한국수자원공사 수자원연구소 연구원 (**** 선임연구원)

*** 안동대학교 토목환경공학과 전임강사

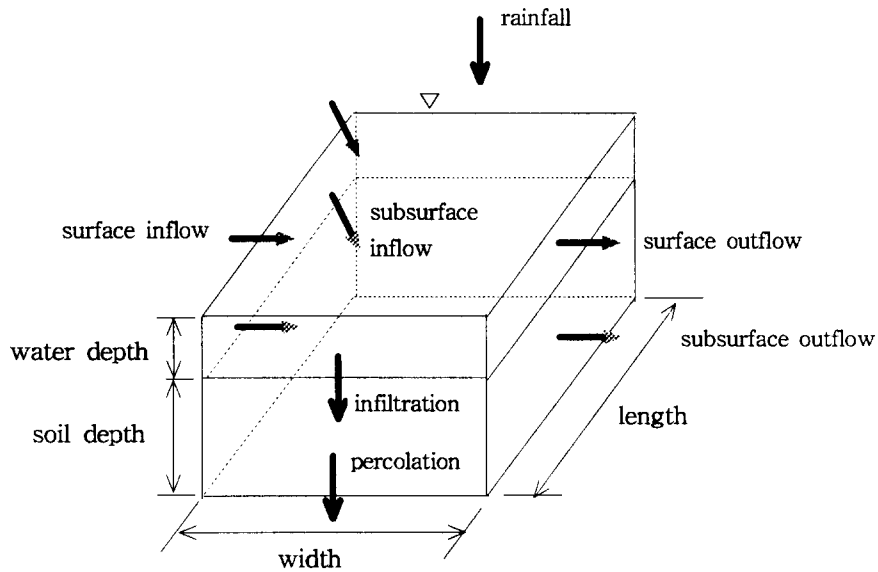


Figure 1. Grid-based water balance components

지표흐름은 운동파(kinematic wave) 이론을 적용하였다. 지표흐름은 얇은 면흐름(shallow sheet flow), 하천흐름은 직사각형 수로인 조건에서 흐름상태는 완전난류로 가정하고 Manning식을 사용하였다.

지표하 흐름도 운동파 가정에 의하여 포화투수계수, 흐름단면적, 경사를 고려한 운동량 방정식을 적용하였다(Beven, 1982; Sloan and Moore, 1984).

침투는 Huggins & Monke식을 적용하였으며, 식은 다음과 같다. 침투 즉 지하수유출은 토양수분이 포장용수량 이상일 경우에 최종침투율로 배제되는 것으로 가정하였다.

초기 토양수분은 토양의 물리적인 특성인 공극율, 포장용수량 및 토양깊이를 사용하면 토양수분의 상태에 따라 유출심의 함수로 표현할 수 있다. 각 격자에서의 초기유출심은 다음과 같이 계산할 수 있으며, 유역 경계에 위치하는 격자의 초기유출심은 0 으로 가정한다.

물수지는 각 격자별로 계산되며, 임의 시간에 계산된 격자별 물수지 결과는 입력자료 및 모형의 매개변수와 함께 다음 시간으로 전달되어 각 격자의 변화를 추적하게 된다. 격자에서의 지표면 저류량과 토양수분 변화량이 각각 계산된다.

3. 모형의 구성

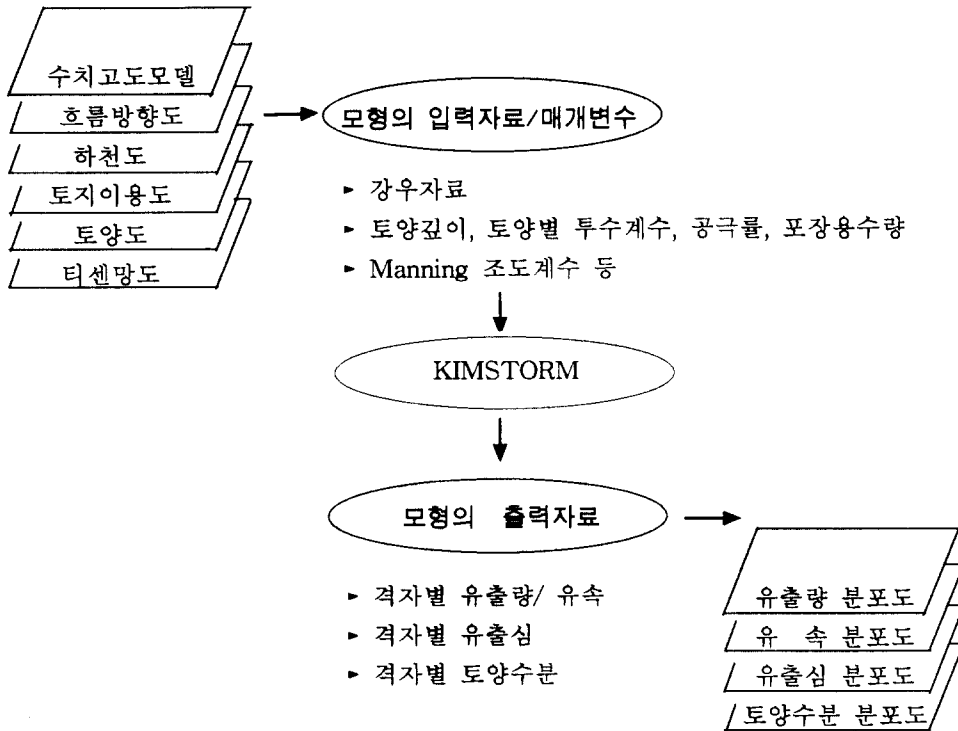


Figure 2. Schematic diagram of grid-based kinematic wave storm runoff model

4. 입력자료의 준비

본 연구에서 사용한 도형 자료는 기본도로서 수치고도모델이며, 주제도로는 유역경계도, 토양도, 토지 이용도, 티센망도이다. 하천도와 흐름경로도는 GRASS의 r.watershed 명령어를 이용하여 수치고도모델에서 자동생성하였다.

5. 모형의 적용

모형의 적용가능성을 검토하기 위하여 임진강유역의 일부인 연천댐 유역(1,875 km²)을 대상으로 본 모형을 적용하였다. 대상강우로는 동송, 연천, 포천 강우관측소의 1990년 9월 10일 ~ 9월 13일간 강우량(유역 평균강우량 : 271.7mm)과 김화, 동송, 연천, 포천 강우관측소의 1996년 7월 26일 ~ 7월 28일간 강우량(유역 평균강우량 : 644.7mm)을 적용하였으며, 댐 지점에서의 실측 유입량자료를 이용하여 모형의 매개변수들을 결정하였다.

가. 연천댐 지점에서의 댐 유입량 비교

연천댐 지점에서의 댐 유입량자료와 댐지점 격자(행:138, 열:5)에서 모의발생된 유출량을 비교하면 Figure 3 및 Figure 4와 같다.

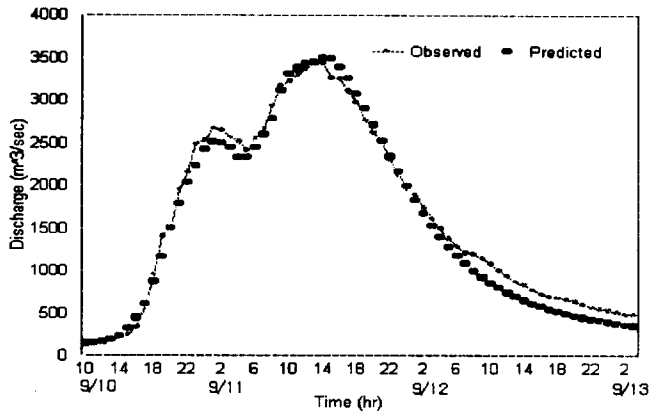


Figure 3. Observed and predicted storm runoff at the inlet of YeonCheon dam(9/10/90 10:00 ~ 9/13/90 3:00)

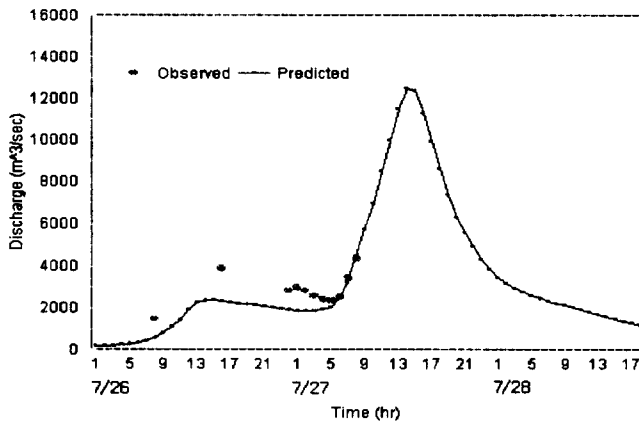


Figure 4. Observed and predicted storm runoff at the inlet of YeonCheon dam(7/26/96 01:00 ~ 7/28/96 18:00)

나. 유출 변화의 시간적·공간적 출력

본 모형에 의한 출력결과로서 유역에서의 시간별 유출분포 및 강우초기와 종료시점에서의 토양수분의 변화를 발생시켰다. Figure 5는 각각 강우개시후 3시간(a), 10시간(b), 30시간(c), 60시간(d)이 경과될 때의 유출분포도를 보여주고 있다.

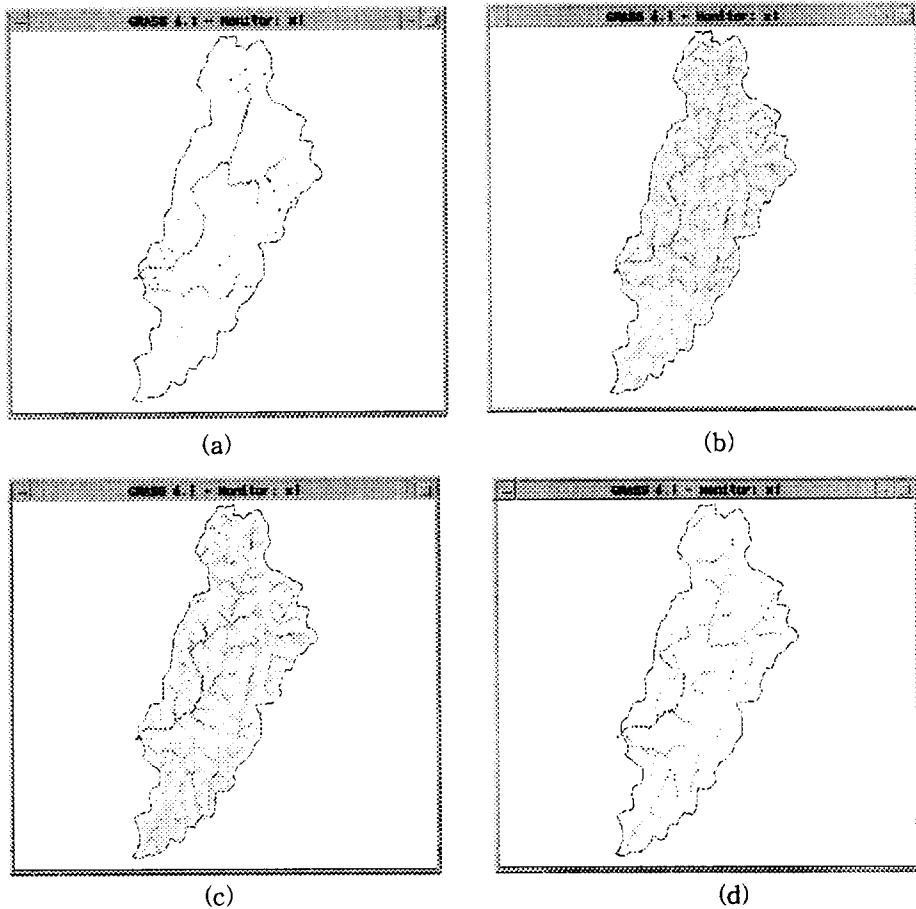


Figure 5. Spatial distribution of surface and channel runoff after (a) 3 hrs, (b) 10 hrs, (c) 30hrs, (d) 60hrs of storm event(09/10/90~ 09/13/90, YeonCheon dam watershed)

6. 요약 및 결론

격자 물수지 기법을 이용한 분포형 강우-유출모형을 개발하였다. 본 모형은 C-언어로 구성하였다. 전처리과정으로서 래스터 GIS 소프트웨어인 GRASS를 이용하여 모형에 필요한 자료(수치고도모델, 하천도, 흐름방향도, 토양도, 토지이용도, 티센망도)를 준비하고, 모형은 이들을 ASCII 형태로 받아들여 시간별 수행결과(임의하천지점에서의 수문곡선, 지표유출 분

포도, 토양수분 분포도)들을 ASCII 형태의 파일로 자동발생시킨 후, 후처리과정으로서 이들 결과를 GRASS상에서 도시하여 주는 형태로 구성하였다.

흐름방향도는 모형의 중요한 입력자료로서, 본 연구에서는 GRASS의 r.watershed에서 drainage map과 accumulation map을 이용하여 와지 또는 역경사흐름을 보완한 흐름방향도를 생성시키는 알고리즘을 개발하였다.

모형의 적용가능성을 검토하기 위하여 임진강유역의 일부인 연천댐 유역(1,875 km²)을 대상으로 '90년 및 '96년도에 발생한 홍수사상과 비교하였는 바, 모형의 결과는 양호하였다. 출력결과로서 시간별 지표유출 분포도와 토양수분 분포도는 유역전반에서 발생하는 유출양상을 공간적으로 확인할 수 있었다.

참고문헌

- 김대식(1995). "지표배수량 산정을 위한 지리정보시스템의 응용모형 개발." 서울대학교 석사 학위논문.
- 한국건설기술연구원(1996). "1996년 7월 임진강 유역 대홍수."
- 한국수자원공사(1995). "임진강 유역조사(1차) 보고서."
- Beven, K.J.(1982). "On subsurface stormflow: Predictions with simple kinematic theory for saturated and unsaturated flows." Water Resour. Res., Vol. 18, pp. 1627-1633.
- Kim, Seong J.(1997). "Grid-based variable source area storm runoff model." J. of Hydrology, Submitted.
- Singh, V.P.(1996). "Computer Models of Watershed Hydrology." WRP, Colorado.
- Sloan, P.G. and I.D. Moore(1984). "Modeling subsurface stormflow on steeply sloping forested watersheds." Water Resour. Res., Vol. 20, pp. 1815-1822.
- U.S. Army CERL(1993). "GRASS 4.1 Users Manual." Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, IL.